



PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: 10062266 A

(43) Date of publication of application: 06 . 03 . 98

(51) Int. Cl

G01K 7/24**G01K 13/08****H02P 5/00**

(21) Application number: 08241212

(71) Applicant: TOYOTA MOTOR CORP

(22) Date of filing: 23 . 08 . 96

(72) Inventor:
KOIDE SATOSHI
KAWABATA YASUMI
YAMADA EIJI

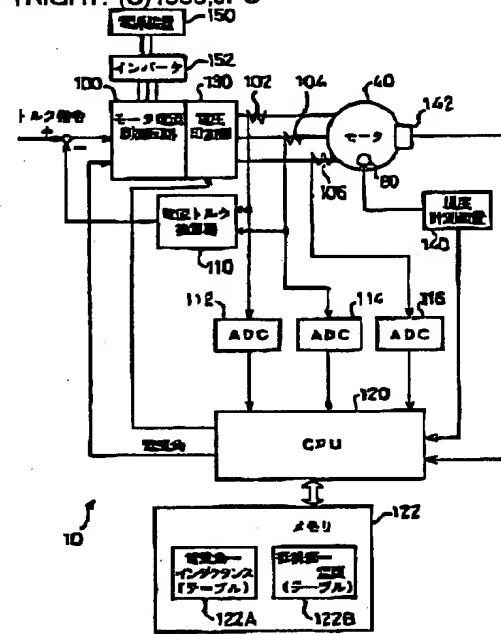
(54) THERMISTOR STATE DETECTOR

(57) Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To detect abnormality caused on a thermistor for measuring a coil temperature of a motor.

SOLUTION: A coil temperature is estimated from a resistance value of a coil on a three-phase synchronous motor 40 and compared with a measured value by a thermistor 80. To estimate the coil temperature, first an electric angle is input from an angle detector 142, measuring voltage is applied with timing where predetermined phase voltage zero-crosses, and a current value corresponding to the measuring voltage is measured. In addition, inductance is obtained from the detected electric angle, coil resistance is obtained from the inductance value and the measured current value, and the coil temperature is estimated based on the coil resistance value. If an error between the estimated coil temperature and the coil temperature measured by the thermistor 80 exceeds a predetermined value, abnormality occurring in the thermistor 80 is determined.

COPYRIGHT: (C)1998,JPO



(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平10-62266

(43)公開日 平成10年(1998)3月6日

(51)Int.Cl. ⁶	識別記号	序内整理番号	F I	技術表示箇所
G 01 K 7/24			G 01 K 7/24	G
13/08			13/08	B
H 02 P 5/00			H 02 P 5/00	T

審査請求 未請求 請求項の数2 FD (全13頁)

(21)出願番号 特願平8-241212

(22)出願日 平成8年(1996)8月23日

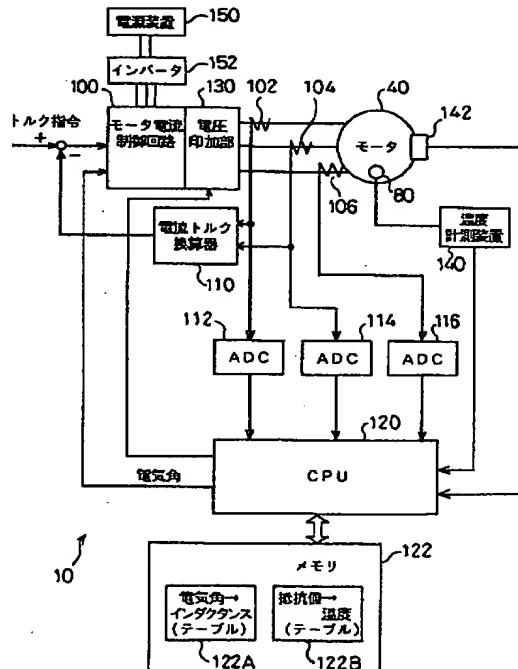
(71)出願人 トヨタ自動車株式会社
愛知県豊田市トヨタ町1番地
(72)発明者 小出 則
愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内
(72)発明者 川端 康己
愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内
(72)発明者 山田 英治
愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内
(74)代理人 弁理士 五十嵐 孝雄 (外3名)

(54)【発明の名称】 サーミスタ状態検出装置

(57)【要約】

【課題】 モータのコイル温度を測定するサーミスタに生じた異常を検出する。

【解決手段】 三相同期モータ40におけるコイルの抵抗値からコイル温度を推定し、サーミスタ80による測定値と比較する。コイル温度を推定するには、まず、角度検出器142から電気角を入力し、所定の相電圧がゼロクロスするタイミングで計測電圧を印加して、この計測電圧に対応する電流値を測定する。また、検出した電気角からインダクタンスを求め、このインダクタンスの値と測定した電流値とからコイル抵抗を求め、コイルの抵抗値を基にコイル温度を推定する。推定したコイル温度とサーミスタ80によって測定したコイル温度との誤差が、所定の値を超えた場合には、サーミスタ80に異常が生じたと判断する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 モータのコイル温度を測定するために設けたサーミスタの状態を検出するサーミスタ状態検出装置であって、前記モータの電気角を検出する角度検出器と、前記モータのコイルに対して計測用の電圧を印加し、この時に前記コイルに流れる電流の挙動を検出する電流挙動検出手段と、該電流挙動検出手段が検出した電流の挙動と、前記角度検出器が検出した電気角とから、前記コイルの抵抗値を算出するコイル抵抗算出手段と、前記コイル抵抗算出手段により算出された前記コイルの抵抗値を基に、前記コイルの温度を推定するコイル温度推定手段と、前記コイル温度推定手段が推定した前記コイルの温度と、前記サーミスタが測定した前記コイル温度とを比較して、前記サーミスタの状態を判定するサーミスタ状態判定手段とを備えたサーミスタ状態検出装置。

【請求項2】 前記電流挙動検出手段は、前記コイルにおける相電圧が0になるときに前記計測用の電圧を前記コイルに印加して、前記コイルに流れる電流の挙動を検出する請求項1記載のサーミスタ状態検出装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、サーミスタ状態検出装置に関し、詳しくは、モータのコイル温度を検出するサーミスタの状態を検出するサーミスタ状態検出装置に関する。

【0002】

【従来の技術】モータは、電気エネルギーを機械エネルギーに変換する装置であるが、モータに電気エネルギーを供給し続けると、モータのコイルに電流が流れることによってコイルが発熱し、コイル温度が次第に上昇する。モータを駆動し続けてコイルの温度が上昇したときにコイル温度が許容範囲を越えると、種々の不都合が生じるおそれがある。例えば、コイルが高温になるとことによって、コイル自身が損傷を受けてモータの短寿命化が引き起こされたり、モータが備える磁石の減磁が引き起こされたり、磁石の減磁によってモータのトルクが低下してしまったりする。そこで従来は、モータのコイル温度を測定し、モータの温度が所定温度を上回った場合には、モータの駆動量を減らすなどして発熱量を抑えてモータの過熱を防いでいた。このモータのコイル温度の測定には、一般にサーミスタが用いられている。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、モータのコイル温度の状態を、サーミスタによる測定結果のみによって判断していたのでは、サーミスタに異常が生じた場合に、コイルの過熱によって引き起こされる上記したような不都合を回避することができない。コイルの過

熱が進み、モータの温度が上昇し過ぎると、上記したようなモータの性能の低下ばかりでなく、モータと接続する他の機器にも影響を及ぼしてしまう。そのため、サーミスタに異常が生じた場合にもこれを検知し、上記した不都合を回避する手段を設けることが望まれていた。

【0004】サーミスタの異常を検出する方法としては、加熱機構を備えた調理器などにおいて、所定時間加熱を行なった後のサーミスタの検出結果と所定温度とを比較して、サーミスタの検出結果が所定温度以下である場合にはサーミスタの異常と判断する等の方法が提案されている（例えば、特開昭64-38528号公報など）。調理器等においては、通常の使用環境で所定量の加熱を行なった場合に上昇する温度は所定範囲内であると予測することができるためこのような方法を採用することが可能である。しかしモータは、その用途によって広い条件で駆動されるものであり、モータのコイルではモータの駆動条件に応じて発熱量が変化するため、所定時間経過後の温度を予測するなどの方法は採用し難い。そのため、モータのコイル温度を測定するサーミスタの異常を検出する有効な手段は従来知られていなかった。

【0005】本発明のサーミスタ状態検出装置は、こうした問題を解決し、モータのコイル温度を測定するサーミスタに生じた異常を検出することを目的としてなされ、次の構成を探った。

【0006】

【課題を解決するための手段およびその作用・効果】本発明のサーミスタ状態検出装置は、モータのコイル温度を測定するために設けたサーミスタの状態を検出するサーミスタ状態検出装置であって、前記モータの電気角を検出する角度検出器と、前記モータのコイルに対して計測用の電圧を印加し、この時に前記コイルに流れる電流の挙動を検出する電流挙動検出手段と、該電流挙動検出手段が検出した電流の挙動と、前記角度検出器が検出した電気角とから、前記コイルの抵抗値を算出するコイル抵抗算出手段と、前記コイル抵抗算出手段により算出された前記コイルの抵抗値を基に、前記コイルの温度を推定するコイル温度推定手段と、前記コイル温度推定手段が推定した前記コイルの温度と、前記サーミスタが測定した前記コイル温度とを比較して、前記サーミスタの状態を判定するサーミスタ状態判定手段とを備えたことを要旨とする。

【0007】以上のように構成された本発明のサーミスタ状態検出装置は、角度検出器がモータの電気角を検出し、電流検出手段が前期モータのコイルに対して計測用の電圧を印加してこの時に前記コイルに流れる電流の挙動を検出する。この電流検出手段が検出した電流の挙動と、前記角度検出器が検出した電気角とから前記コイルの抵抗値を算出し、算出された前記コイルの抵抗値を基に、前記コイルの温度を推定する。この推定した前記コイルの温度と、モータのコイル温度を測定するために設

けたサーミスタが測定した前記コイル温度とを比較して、前記サーミスタの状態を判定する。

【0008】このようなサーミスタ状態検出装置によれば、コイルに計測用の電圧を印加した時にコイルに流れる電流の挙動と、モータの電気角とを基に、前記コイルの温度を推定するため、この推定した温度と、コイル温度を測定するために設けたサーミスタが測定した温度とを比較することによって、サーミスタの状態を検出することができる。従って、モータの駆動状況に関わらず、精度良くコイル温度の推定を行うことができる。

【0009】また、本発明のサーミスタ状態検出装置において、前記電流挙動検出手段は、前記コイルにおける相電圧が0になるときに前記計測用の電圧を前記コイルに印加して、前記コイルに流れる電流の挙動を検出する構成も好適である。

【0010】このような構成のサーミスタ状態検出装置では、前記コイルにおける相電圧が0になるときに前記計測用の電圧を前記コイルに印加するため、コイルに流れる電流の挙動を測定する際に、モータ駆動用に印加されている電圧の影響を受けることがない。

【0011】

【発明の実施の形態】以上説明した本発明の構成・作用を一層明らかにするために、以下本発明の実施の形態を実施例に基づき説明する。図1は本発明の好適な一実施例であるサーミスタ状態検出装置を含むモータ制御装置10の概略構成を示すブロック図、図2は制御対象となっている三相同期モータ40の概略構成を示す説明図、図3はこの三相同期モータ40の固定子30と回転子50との関係を示す端面図、である。

【0012】まず、図2を用いて、三相同期モータ40の全体構造について説明する。この三相同期モータ40は、固定子30と回転子50とこれらを収納するケース60とからなる。回転子50は、外周に永久磁石51～54が貼付されており、その軸中心に設けられた回転軸55を、ケース60に設けられた軸受61、62により回転自在に軸支している。

【0013】回転子50は、無方向性電磁鋼板を打ち抜いて成形したロータ57を複数枚積層したものである。このロータ57は、図3に示すように、直交する位置に4箇所の突極71～74を備える。ロータ57を積層した後、回転軸55を圧入し、積層したロータ57を仮止めする。この電磁鋼板を素材とするロータ57には、その表面に絶縁層と接着層が形成されており、積層後所定温度に加熱して接着層を溶融・固定している。

【0014】こうして回転子50を形成した後、回転子50の外周面であって、突極71～74の中間位置に、永久磁石51～54を軸方向に亘って貼付する。この永久磁石は、厚み方向に磁化されている。回転子50を固定子30に組み付けた状態では、一組の永久磁石51、52に着目すると、この永久磁石51、52は、ロータ

57およびステータ20を貫く磁路Mdを形成する（図3一点鎖線参照）。

【0015】固定子30を構成するステータ20は、ロータ57と同じく無方向性電磁鋼板の薄板を打ち抜くことで形成されており、図3に示すように、計12個のティース22を備える。ティース22間に形成されたスロット24には、固定子30に回転磁界を発生させる固定子コイル32が巻回されている。尚、ステータ20の外周には、固定用のボルト34を通すボルト孔が設けられているが、図3では図示を省略してある。

【0016】固定子30は、板状のステータ20を積層し互いに押圧した状態として、接着層を加熱・溶融することで一応固定される。この状態で、固定子コイル32をティース22に巻回して固定子30を完成した後、これをケース60に組み付け、ボルト孔に固定用のボルト34を通し、これを締め付けて全体を固定する。更に回転子50をケース60の軸受61、62により回転自在に組み付けることにより、この三相同期モータ40は完成する。

【0017】固定子30の固定子コイル32に回転磁界を発生するよう励磁電流を流すと、図3に示すように、隣接する突極およびロータ57、ステータ20を貫く磁路Mqが形成される。尚、上述した永久磁石52により形成される磁束が回転子50を径方向に貫く軸をd軸と呼び、固定子30の固定子コイル32により形成される磁束が回転子50を径方向に貫く軸をq軸と呼ぶ。この実施例（極数4）では、両軸は電気的には、90度の角度をなしている。

【0018】また、本実施例の三相同期モータ40には、図2に示すようにサーミスタ80が取り付けられており、このサーミスタ80によって固定子コイル32の温度が測定可能となっている。サーミスタ80は、後述する温度計測装置140に接続しており、サーミスタ80による測定結果はこの温度計測装置140を介して後述するCPU120に入力される。

【0019】次に、図1に従ってモータ制御装置10の構成について説明する。モータ制御装置10は、外部からのトルク指令を受けて三相同期モータ40の三相(U、V、W相)のモータ電流を制御するモータ電流制御回路100、三相同期モータ40のU相電流Iu、V相電流IvおよびW相電流Iwを検出する電流検出器102、104、106、検出したU相電流IuおよびV相電流Ivに基づいてトルク値を求める電流-トルク換算器110、同じく検出した電流値をデジタルデータに変換する3個のアナログディジタル変換器(ADC)112、114、116、三相同期モータ40の電気角を検出する角度検出器142、三相同期モータ40の固定子コイル32に取り付けられたサーミスタ80に接続して固定子コイル32の温度を検出・表示する温度計測装置140、固定子コイル32の温度の演算を行なう1

チップマイクロプロセッサ(CPU)120、固定子コイル32の温度を演算するためのテーブル等を記憶したメモリ122から構成されている。

【0020】電流-トルク換算器110により換算されたトルクは、トルク指令値との差分を取るように加えられ、三相同期モータ40の実際のトルクをフィードバック制御する構成となっている。また、モータ電流制御回路100には、トルク指令に基づいて決定されたモータの各相電流I_u, I_v, I_wが得られるようモータの各コイル間に印加する電圧を決定する電圧印加部130が、その出力段に設けられている。CPU120からの制御出力が、この電圧印加部130に出力されており、三相同期モータ40の各コイルに印加される電圧を外部から制御することが可能となっている。また、メモリ122には、図1に示したように、二つのテーブルが記憶されており、一つは測定された電気角からインダクタンスを求めるテーブル122Aであり、一つはコイル抵抗値Rからコイル温度を求めるためのテーブル122Bである。

【0021】以上の様に構成されたモータ制御装置10は、所定の電源装置150から電力の供給を受けて三相同期モータ40を駆動している。電源装置150を構成する電池としては、鉛蓄電池やニッケル-水素蓄電池、あるいはリチウム2次電池等の2次電池や、燃料電池等のなかから任意に選択することができる。これらの電池を複数種組み合わせて電源装置150を構成することとしてもよい。この電源装置150は直流電源であり、電源装置150からの出力電力は、インバータ152によって3相交流に変換された後、既述したモータ電流制御回路100および電圧印加部130の制御を受けて三相同期モータ40に供給される。

$$R = (E_1 / I_u) - (L / I_u) \quad (dI/dt) \dots (1)$$

【0025】ここで、I_uは図4に示す等価回路において流れる電流(以下、U相電流と呼ぶ)を示し、tは時間を示す。したがって、U-VW相間に電流計測用の電圧E₁を印加したときのU相電流I_uと、インダクタンスLとを求ることにより、抵抗Rを算出することができることになる。

【0026】本実施例では、U相電圧が0になるときに、計測用の電圧E₁を印加する構成となっている。U相電圧が0になるときは、U相電圧の位相がゼロクロスする時をいい、このときパルス電圧E₁を印加する(図6参照)。また、三相同期モータ40の停止中もU相電圧が0になるときであり、そのままパルス電圧E₁を印加することができる。パルス電圧E₁は、100μsecの期間だけ印加することとした。

【0027】インダクタンスLを求めるには電気角θを測定する必要があるが、電気角θは、三相同期モータ40に取り付けられた既述した角度検出器142によって計測される。この角度検出器142は、例えば、レゾル

【0022】次に、このような構成の三相同期モータ40およびこれを制御するモータ制御装置10において、固定子コイル32の温度を推定する原理および実際の構成について詳しく説明する。既述したように、三相同期モータ40はサーミスタ80を備えており、このサーミスタ80によって固定子コイル32の温度を測定している。本実施例のモータ制御装置10では、以下に説明する方法によって固定子コイル32の温度を推定し、この推定した温度と上記サーミスタ80が測定した温度とを比較することによって、サーミスタ80の状態、ひいては異常を検出する。

【0023】図4は、三相同期モータ40の等価回路図である。図示するように、三相同期モータ40のU相とVW相間に所定の電圧E₁をステップ関数的に加えた場合、ここに流れる電流I_u(t)は、回路のインダクタンス成分Lにより定まる過渡応答を示す。この過渡応答の一例を示したのが、図5のグラフである。三相同期モータ40を形成する所定の回路(本実施例ではU-VW相間)に、所定時間幅で電流計測用の電圧E₁を印加すると、電流値I_u(t)は、電圧を印加している間に、インダクタンスLの大きさに応じた値に到達する。なお、回路のインダクタンスLは、そのときの回転子50の電気角θの関数となっている。即ち、回転子50が回転していない状態(静止状態)にあるとすれば、この回転子50のd軸が電気的にq軸に対してなす角(電気角)により、回路のインダクタンスLは定まる。

【0024】三相同期モータ40が備える固定子コイル32の各相を、RL直列回路に近似すると、固定子コイル32の抵抗Rは以下に示す(1)式により算出することができる。

バやエンコーダによって形成されている。また、本実施例では、予め、様々な電気角でのインダクタンスLを計測して、これをメモリ122に記憶している。この関係の一例を図7に示す。この図7では、U相のインダクタンスL_uと電気角θとの関係だけを示している。図7に示すように、測定した電気角θの値から、インダクタンスLを一義的に求めることができる。メモリ122に格納されたテーブルである測定された電気角からインダクタンスを求めるためのテーブル122Aには、このグラフに示す巻線間インダクタンスの実測値と電気角との関係が記憶されている。

【0028】計測用の電圧E₁を印加し、その時の電流値I_uを測定すると共に、角度検出器142によって検出した電気角θを基にインダクタンスLを求めると、これらの電流値I_uとインダクタンスLとを既述した。

(1)式に代入することによって固定子コイル32の抵抗(以下、コイル抵抗値と呼ぶ)Rを求めることができる。本実施例では、このようにコイル抵抗値Rを算出

することによって、算出したコイル抵抗値Rの値を基にコイル温度の推定を行なう。固定子コイル32においては、コイル温度が上昇するにつれてコイルの抵抗値Rも上昇するという性質を示し、このコイル温度とコイル抵抗値Rとの関係は、予め計測することができる。本実施例で用いた三相同期モータ40におけるコイル温度とコイル抵抗値Rとの関係の一例を、図8のグラフに示した。このように、コイル抵抗値Rが分かれば、このグラフからコイル温度を推定することができる。メモリ122には、上記したテーブル122Aの他に、コイル抵抗値Rからコイル温度を求めるこのグラフを記憶したテーブル122Bが格納されている。

【0029】以上、U-VW間に電圧E1を印加してU相に流れる電流を測定し、この電流値と、角速度から求めたインダクタンスの値とを基に、コイル抵抗値Rを算出し、このコイル抵抗値Rからコイル温度Tを推定する手法の概要について説明した。そこで、次に、本実施例のCPU120が行なっているサーミスタ状態検出処理ルーチンについて説明する。図9は、CPU120が実施するサーミスタ状態検出処理ルーチンを示すフローチャートである。このサーミスタ状態検出処理ルーチンは、2 msecごとに一回ずつタイマ割り込みにて起動される。

【0030】図9に示した処理が起動されると、CPU120は、まず、サーミスタ80が測定したコイル温度の値T1の入力を行う（ステップS100）。次に、角度検出器142からこのときの電気角θを入力し（ステップS110）、この電気角θの値とモータ電流制御回路100からの出力信号とを基にU相電圧がゼロクロスするタイミングを判断し、U相電圧がゼロクロスするときに、U-VW相間に計測用の電圧E1をステップ関数的に加える（ステップS120）。ここで、電圧E1の印加時間は100μsecとする。このときU相の電流値はインダクタンスLの値に応じた応答を示し、CPU120は、計測用電圧の印加の終了のタイミングで、その時点でのU相の電流値Iu1を測定する（ステップS130）。これらの電流値の測定は、電流検出器102の出力をADC112にてアナログディジタル変換し、CPU120内に読み込むことにより行う。

【0031】また、ステップS110で読み込んだ電気角θの値と、ステップS120で測定したU相電流値Iu1とから、インダクタンスLの算出を行う（ステップS140）。インダクタンスLが算出されると、この値を基に、既述したテーブル122Aを参照してコイル抵抗Rを求める（ステップS150）。次に、このコイル抵抗Rの値を基に、既述したテーブル122Bを参照してコイル温度T2を推定する（ステップS160）。

【0032】ここで、先にステップS100でサーミスタ80から入力したコイル温度の測定値T1と、ステップS160で求めたコイル温度の推定値T2との誤差を

求め、予め設定したしきい値xとの比較を行う（ステップS170）。測定値T1と推定値T2との差の絶対値が上記しきい値よりも小さいとき、すなわち、推定値T2に対する測定値T1の誤差が上記しきい値よりも小さいときには、サーミスタ80は正常に動作していると判断されて本ルーチンを終了する。このとき三相同期モータ40は通常運転を続行する。

【0033】ステップS170において、測定値T1と推定値T2との差の絶対値が上記しきい値よりも大きいとき、すなわち、推定値T2に対する測定値T1の誤差が上記しきい値よりも大きいときには、サーミスタ80に異常が発生したと判断される。この場合には、次に、異常時処理ルーチンが実行される（ステップS180）。異常時処理ルーチンは、サーミスタ状態検出処理ルーチンのサブルーチンであって、異常の発生を知らせるためのアラームに対して出力したり、モータの出力を制限する制御を行ってモータが過熱してしまうのを防ぐ処理を行ったりする。ここで、サーミスタ80が正常に復活したと判断されれば、サーミスタ状態検出処理ルーチンに戻って本ルーチンを終了することとしてもよいし、サーミスタ80が正常に復活しない場合には、サーミスタ状態検出処理ルーチンから抜けてサーミスタ故障時の処理に移行することとしてもよい。

【0034】なお、以上の説明では、インダクタンスLを求めるのに、図5に示したようにU-VW相間に所定時間幅の所定電圧を印加し、電圧を印加している間に到達した電流値を測定するものとしたが、図10に示すように、U-VW相間に流れる電流が所定値になるまでの時間TθからインダクタンスLを求めることが可能である。前者の手法は、処理時間が均一になるという利点を有する。

【0035】また、上記実施例では、U-VW相間に所定電圧を印加してU相電流を測定する構成としたが、V-WU相間に電圧を印加してV相電流を測定したり、W-UW相間に電圧を印加してW相電流を測定することとしてもよい。あるいは、一種類のデータだけによるとそのデータが計測不良である場合も考えられるので、複数種のデータを読み込んで、電流値が計測不良となる場合に備える構成としてもよい。

【0036】あるいは、上記実施例では、コイル温度の測定値T1とコイル温度の推定値T2との誤差を、予め設定したしきい値xと比較することによって、サーミスタ80が正常か異常かを判断する構成としたが、上記誤差が次第に大きくなる傾向が認められるときには、サーミスタ80に異常が発生しつつあると判断して不都合が生じてしまうのを回避する構成としても良い。すなわち、上記誤差が次第に大きくなる傾向が認められるときには、誤差がしきい値以下であっても、サーミスタ80が異常になりつつあることを警告するアラームに出力したり、モータの出力を制限する制御を行ってモータが過

熱してしまうのを防ぐ処理を行う構成とする。

【0037】以上説明したサーミスタ状態検出装置を備えるモータ制御装置10は、サーミスタ80によってモータのコイル温度を測定し、コイル温度が上昇しすぎることの無いよう制御する構成に加えて、所定時間ごとにコイル温度を類推してサーミスタ80の測定値と比較することによってサーミスタ80の状態を監視する構成を備えている。従って、サーミスタ80に異常が発生してモータ温度が実際よりも低く認識されてしまった場合にも、この異常を検出することができ、モータが過熱しそうことによる不都合を防ぐことができる。すなわち、サーミスタ80に異常が検出されると、モータの出力を制限することによってコイルでの発熱が抑えられるため、高温によってコイルおよびモータが損傷を受けたり、モータが備えるマグネットが減磁したり、モータにおけるトルクが低下してしまうのを防ぐことができる。

【0038】また、本実施例では、モータ駆動用の電圧がゼロクロスするときに計測用の電圧を印加するため、電圧を印加することによってコイルを流れる電流の大きさが、駆動電流の影響を受けることがない。従って、測定した電流値をそのまま用いてインダクタンスLの算出を行うことができる。ここで、電圧がゼロクロスするとき以外に計測用電圧を印加するならば、測定する電流値は駆動電流の影響を受けてしまうため、測定した電流値を補正してインダクタンスLを求める必要がある。もとより、駆動電圧が任意の位相をとるときに計測用の電圧を印加し、測定した電流値は補正する構成としてもかまわない。

【0039】上記実施例の様にモータ駆動用の電圧がゼロクロスするときに計測用の電圧を印加したり、駆動電圧が任意の位相をとるときに計測用の電圧を印加して測定した電流値を補正する構成の他に、駆動電流を一旦零にしてから計測用の電圧を印加して電流値を計測する構成とすることも可能であり、上記実施例と同様の効果を得ることができる。このように駆動電流を一旦零にすれば、測定した電流値を補正する必要もない。しかしながら、駆動電流を一旦零にして計測用の電圧を印加し、計測が終わると再び元の電圧を印加するという動作を繰り返すと、異音を発生するという不都合が生じてしまう。上記実施例のサーミスタ状態検出装置によれば、電流値の測定に伴うこのような異音の発生を抑えることができるという効果をも奏する。

【0040】上述した実施例では、三相同期モータ40において、レゾルバやエンコーダによって形成される角度検出器142を備える構成としたが、このようにセンサを別個に設けて電気角を検出するのではなく、上記サーミスタ状態検出装置と共通の構成によって電気角を検出することとしてもよい。すなわち、サーミスタ状態検出装置と角度検出器との間で構成を共有することとしてもよい。以下に、このような構成を第2実施例として示

す。

【0041】図11は、第2実施例のモータ制御装置10Aの構成を示すブロック図である。第2実施例のサーミスタ状態検出装置を備えるモータ制御装置10Aは、角度検出器142を備えないこと以外は第1実施例のモータ制御装置10と同様の構成を有するため、構成に関する詳しい説明は省略し、第1実施例と共に構成要素には同じ番号を付す。まず最初に、第2実施例の構成としての、測定した電流値からコイル温度を推定する手法について説明する。

【0042】既述したように、インダクタンスLは電気角θの関数となっているため、一方が分かれば他方を知ることができる。第1実施例では、角度検出器142によって電気角θを求め、この電気角θの値からインダクタンスLを決定した。第2実施例では、第1実施例と同様に電気角θからインダクタンスLを求める動作と交互に、求めたインダクタンスLから電気角θを算出するという逆の動作も行う。これらの値は、第1実施例と同様に計測用電圧の印加時の電流値を基にして算出する。

【0043】第2実施例においてはインダクタンスLと電気角θとの両方が変数となる構成であるため、本実施例におけるモータ制御装置10Aの始動時には、抵抗値として所定の値R0を用意する。始動時にはまず、計測用電圧の印加時における電流値を測定して、この電流値と所定の抵抗値R0とからインダクタンスLを算出し、このインダクタンスLを基にして電気角θの値を得る。CPU120は、この電気角θに従って、各相に駆動用電流を流し、三相同期モータ40を起動すると共に、後述するサーミスタ状態及び電気角検出処理ルーチンを起動する。サーミスタ状態及び電気角検出処理ルーチンを起動すると、先に求めたモータ制御装置10Aの始動時に求めた電気角θを基にして、所定の相電流（例えばU相電流）がゼロクロスするタイミングを求めてこのとき計測用の電圧を印加すると共に、電圧印加時の電気角に對応するインダクタンスLを求める。電圧印加時の電流値とインダクタンスLの値とから、第1実施例と同様に抵抗値Rを介してコイル温度を推定し、サーミスタ80の異常の有無を判定する。さらに、サーミスタ状態及び電気角検出処理ルーチンでは、ここで求めた抵抗値Rを用いて、始動時と同様に電気角の検出を行う。以後はこれらの動作を繰り返す。なお、モータ制御装置10Aの始動時に用いる所定の抵抗値R0は、常温における抵抗値を予め設定しておいたものである。あるいは、始動時の温度を入力して、この温度における抵抗値R0を求ることとしてもよい。

【0044】ここで、インダクタンスLから電気角θを求める原理について説明する。既述した第1実施例では、電気角θからインダクタンスL（例えばU-VW相間のインダクタンスLu）を一義的に求めることができたが、電気角θを求めるには少なくとも二相のインダク

タンス（例えば L_u と L_v ）が必要である。本実施例では、予め、様々な電気角でのインダクタンス L_u , L_v を計測し、これをメモリ 122 に記憶している。この関係の一例を、図 12 に示す。同図において、実線は $U-VW$ 間のインダクタンスと電気角の関係の実測値の一例を示し、波線は $V-WU$ 間のインダクタンスと電気角の関係の実測値の一例を示している。図 11 に示すように、第 2 実施例におけるメモリ 122 は、第 1 実施例と同様のテーブル 122A, 122B の他にテーブル 122C, 122D を備えており、このうちテーブル 122D には、このグラフに示す巻線間インダクタンスの実測値と電気角との関係が記憶されている。

【0045】まず、 $U-VW$ 相間に電圧を印加してそのインダクタンス L_2 を測定し、次に $V-WU$ 相間に電圧を印加してそのインダクタンス L_1 を測定する。 $U-VW$ 相間のインダクタンスが L_2 となり、 $V-WU$ 相間のインダクタンスが L_1 となると回転子 50 の角度（電気角）は、電気角 $0 \sim 2\pi$ の間でただ一カ所 ($\alpha = \beta$) の電気角に定まるから、相電流 I_u , I_v を測定することにより、回転子 50 の電気角 θ を求めることができる。なお、以上の説明では、各層間のインダクタンス L を求めるのに、図 5 に示したように、各層間に所定時間幅の所定電圧を印加し、電圧を印加している間に到達した電流値 I_m から、インダクタンスを求めることとしたが、図 10 に示すように、各層間に流れる電流が所定値になるまでの時間 $T\theta$ を測定することとしても良い。

【0046】また、図 12 に示した実測値では、電気角とインダクタンスとの関係は $0 \sim \pi$ と $\pi \sim 2\pi$ とで異なるが、電気角とインダクタンスとは、本質的には $0 \sim \pi$ と $\pi \sim 2\pi$ とで同一の関係を示すものである。従って、相電流 I_u , I_v から各相間のインダクタンス L_2 , L_1 を求めると、両者を満足する解は、2つ求められることになる。そこで、本実施例においては、固定子 30 と回転子 50 における磁気的な関係を非対称にすることによって、図 12 に示すように、電気角 θ とインダクタンス L との関係の非対称性を実現している。即ち、本実施例では、永久磁石 52, 54 の磁化された片面および突極 72, 74 の表面に、磁性体 86～89 を貼付し、固定子 30 と回転子 50 との磁気的な関係を非対称化している。図 13 は、同期モータの回転子 50 と固定子 30 を、理解の便を図るために直線的に書き直した説明図である。図示するように、回転子 50 の永久磁石 52 の下面に磁性体 86 が、永久磁石 54 の下面に磁性体 88 が、突極 72 の表面に磁性体 87 が、突極 74 の表面に磁性体 89 が、それぞれ設けられている。この場合、磁極を構成する一対の永久磁石 51, 52 に着目すると、磁性体 86, 87 が存在する場合と存在しない場合でその特性は異なるから、電気角と各相に流れる電流との関係は、磁性体 86, 89 の存在しない 180 度 ($0 \sim \pi$) と、磁性体 86, 89 の存在する 180 度

($\pi \sim 2\pi$) とで異なるものとなっている。

【0047】また、第 1 実施例では、所定の相電流がゼロクロスするときに計測用電圧を印加したが、電気角 θ を求めるときには電気角 θ は任意であって駆動電流が流れている。従って、計測用電圧を印加したときの電流値は駆動電流の影響を受けて減衰してしまうため、この電流値の減衰量を補正する必要がある。このような減衰量と駆動用電流との関係は、予め計測することができる。本実施例で用いた三相同期モータ 40 の場合の一例を、図 14 に示した。従って、各相の駆動電流が分かればこのグラフから減衰量を知ることができ、求められた減衰量を各相電流 I_u , I_v , I_w に加えれば本来の U 相電流 $I_u(t)$, V 相電流 $I_v(t)$, W 相電流 $I_w(t)$ を求めることができる。メモリ 122 が備える既述したテーブル 122C には、各相の駆動用電流から減衰量を求めるこのグラフが記憶されている。

【0048】以上概説した第 2 実施例のモータ制御装置 10A の動作について、図 15 に示したサーミスタ状態及び電気角検出処理ルーチンに即して説明する。このサーミスタ状態及び電気角検出処理ルーチンは、既述したように、CPU 120 によって実行され、モータ制御装置 10A の始動時に、所定の抵抗値 R_0 を基に求めた電気角 θ に従って駆動用電流が三相同期モータ 40 に流されるときから、16 msec ごとに一回ずつ起動される。

【0049】図 15 に示した処理が起動されると、CPU 120 は、まず図 9 に示したサーミスタ状態検出処理ルーチンと同様の処理を実行する（ステップ S200）。この、サーミスタ状態及び電気角検出処理ルーチンのサブルーチンとして実行されるサーミスタ状態検出処理ルーチンでは、ステップ S110 において、最先の処理で検出された電気角 θ の値が読み込まれる。すなわち、モータ制御装置 10A の始動時に最初に実行されるときには、始動時に検出された電気角 θ の値が読み込まれ、その後は、前回実行されたサーミスタ及び電気角検出処理ルーチンの後半部で検出された電気角 θ の値が読み込まれる。また、ステップ S120 において U 相に電圧を印加するときには、ステップ S110 で読み込んだ電気角 θ の値とその間のモータ電流制御回路 100 の出力状態とを基に、 U 相電流がゼロクロスするタイミングを判断して、このとき計測用電圧 E_1 を印加する。

【0050】ステップ S170 においてサーミスタ 80 が異常であると判断されたときには、既述したように、ステップ S180 の異常時処理ルーチンに移行して異常に対応数動作が行われる。サーミスタ 80 が異常でないと判断されたときには、ステップ S210 以下の電気角を検出する処理に移行する。

【0051】まず、 U 相における現在の電流値 T_u を測定し（ステップ S210）、次に、 $U-VW$ 相間に所定の計測電圧 E_1 をステップ関数的に加える（ステップ

S215)。駆動用の電圧の他に計測用の電圧を加えることで、U-VW間に流れる電流は変化する。そこで、計測用電圧の印加の終了のタイミングで、その時点でのU相の電流値 I_{u3} を測定し(ステップS220)、計測用電圧の印加の前後における変化幅 ΔI_u を演算する処理を行う(ステップS225)。この後、同様にV相、W相についても、計測開始時の電流値 I_v2, I_w2 の測定(ステップS230, S250)、計測用電圧の印加(ステップS235, S255)およびその後の電流値 I_v3, I_w3 の測定(ステップS240, S260)を行い、それぞれの変化幅 $\Delta I_v, \Delta I_w$ を演算する処理を行う(ステップS245, S265)。なお、上述したように少なくとも二相分のインダクタンスを求めることができれば電気角は演算できるので、例えば、ステップS250～ステップS265におけるW相の計測は省略しても良い。

【0052】これらの変化幅 $\Delta I_u, \Delta I_v, \Delta I_w$ については、上述したように、駆動用の電流が流れているときに計測されたものであり、本来の変化幅よりも減衰している。従って、これを補正すべく、計測開始時の電流値 I_{u2}, I_{v2}, I_{w2} に基づいて、CPU120はメモリ122におけるテーブル122Cを参照し、それぞれの電流値に応じた減衰量を読み出し、これを各変化幅 $\Delta I_u, \Delta I_v, \Delta I_w$ に加える補正を行うことにより、駆動用電流の影響を除いた各相電流値 I_u, I_v, I_w を求める(ステップS270)。

【0053】その後、CPU120は、減衰量の補正を行って求めた各相電流値から電気角を求める処理を行う(ステップS280)。この処理は、原理的には、以下の手順で行われる。まず、補正された電流値からインダクタンス L_u, L_v, L_w を演算により、あるいは予め記憶したテーブルを参照することにより求めるとともに、メモリ122におけるテーブル122Dを参照し、三つのインダクタンス L_u, L_v, L_w から対応する電気角 θ を求める。このとき、テーブル内にデータとして記憶されている各相のインダクタンス L_{u0}, L_{v0}, L_{w0} と演算にて求められた三つのインダクタンス L_u, L_v, L_w とを比較してそれらの差の合計がもっとも小さいところの電気角 θ_0 を読み出す。なお、一つのデータが計測不良であることも考えられるので、一つのデータを予備として扱うことも現実的である。例えば、テーブル内の二つのインダクタンス L_{u0}, L_{v0} と演算された二つのインダクタンス L_u, L_v とを比較し、それらの差の合計が所定値以下となれば電気角 θ を読み出すものの、所定値以下とならない場合には、テーブル内の二つのインダクタンス L_{u0}, L_{w0} と演算された二つのインダクタンス L_u, L_w とを比較するというように組み合わせを変えるようにしても良い。

【0054】本来であれば、このように各相電流から一旦インダクタンスを求めてから電気角を求ることにな

るが、インダクタンスは電流値から演算されるのであるから、本実施例では、電流値からインダクタンスを演算する作業を省き、電流値から電気角を直に参照するテーブル122Dをメモリ122に記憶させている。従って、補正された電流値 I_u, I_v, I_w とテーブル内の I_{u0}, I_{v0}, I_{w0} とを比較して電気角を求める(ステップS280)、本ルーチンを終了する。

【0055】第2実施例のサーミスタ状態検出装置によれば、第1実施例における効果に加えて、電気角 θ を検出するために角度検出器142を別途設ける必要が無いという効果を奏する。すなわち、サーミスタ80の状態を検出するための構成と電気角を検出するための構成とを共有させ、両方の処理で互いにデータを交換する構成とすることによって、モータ制御装置10A全体の構成を簡略化する事ができる。

【0056】また、上記第2実施例では、サーミスタの状態の検出と電気角の検出とと一緒に使うサーミスタ状態及び電気角検出処理ルーチンを実行することとしたが、サーミスタの状態の検出と電気角の検出とをそれぞれ別々のプログラムによって実行することとしてもよい。このような場合には、サーミスタの状態を検出するプログラムと電気角の検出を行うプログラムとは異なる間隔で実行してもよく、各プログラムは他方のプログラムが実行した最新のデータを入力する構成とすればよい。

【0057】以上本発明の実施例について説明したが、本発明はこうした実施例に何等限定されるものではなく、本発明の要旨を逸脱しない範囲内において種々なる様態で実施し得ることは勿論である。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1実施例におけるモータ制御装置10の概略構成を示すブロック図である。

【図2】実施例の固定子30を組み込んだ三相同期モータ40の構造を示す断面図である。

【図3】実施例で用いた三相同期モータ40の固定子30と回転子50との関係を示す端面図である。

【図4】実施例における三相同期モータ40の等価回路を示す説明図である。

【図5】所定電圧の印加中の電流の挙動からインダクタンスを求める手法を例示する説明図である。

【図6】モータの相電圧と印加する電圧E1との関係を示す説明図である。

【図7】電気角 θ と巻線のインダクタンス L との関係を示すグラフである。

【図8】モータコイルにおける抵抗-温度特性の1例を示すグラフである。

【図9】第1実施例におけるサーミスタ状態検出処理ルーチンを示すフローチャートである。

【図10】U-VW間に電圧E1を印加した場合のU相電流 $I_u(t)$ の過渡応答を示すグラフである。

【図11】第2実施例におけるモータ制御装置10Aの概略構成を示すブロック図である。

【図12】巻線のインダクタンスと電気角 θ との関係を示すグラフである。

【図13】三相同期モータ40のロータとステータとの関係を直線上に展開して示す説明図である。

【図14】第2実施例におけるメモリ122内のテーブル122Cとして記憶した駆動電流と減衰量との関係を示すグラフである。

【図15】第2実施例におけるサーミスタ状態及び電気角検出処理ルーチンを示すフローチャートである。

【符号の説明】

10, 10A…モータ制御装置
20…ステータ
22…ティース
24…スロット
30…固定子
32…固定子コイル
34…ボルト
40…三相同期モータ
50…回転子

51～54…永久磁石

55…回転軸

57…ロータ

60…ケース

61, 62…軸受

71～74…突極

80…サーミスタ

86～89…磁性体

100…モータ電流制御回路

102, 104, 106…電流検出器

110…トルク換算器

112…ADC

120…CPU

122…メモリ

122A, 122B, 122C, 122D…テーブル

130…電圧印加部

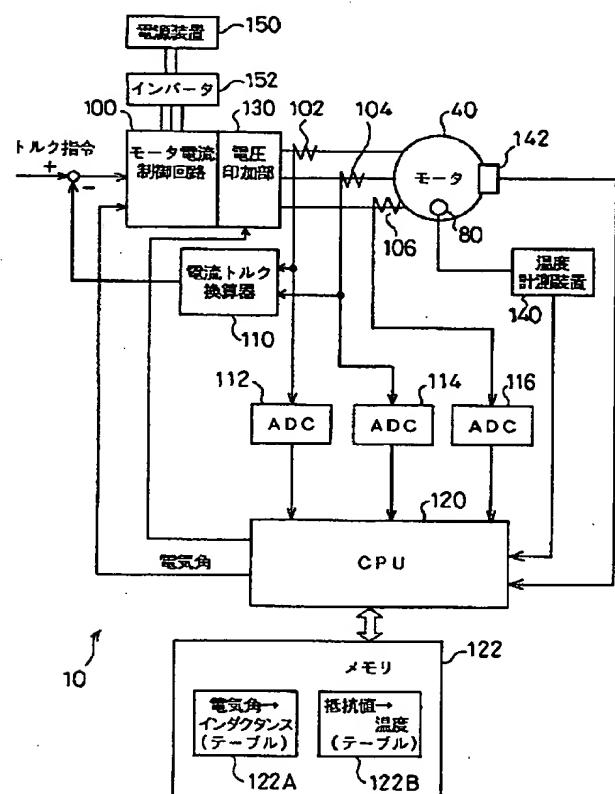
140…温度計測装置

142…角度検出器

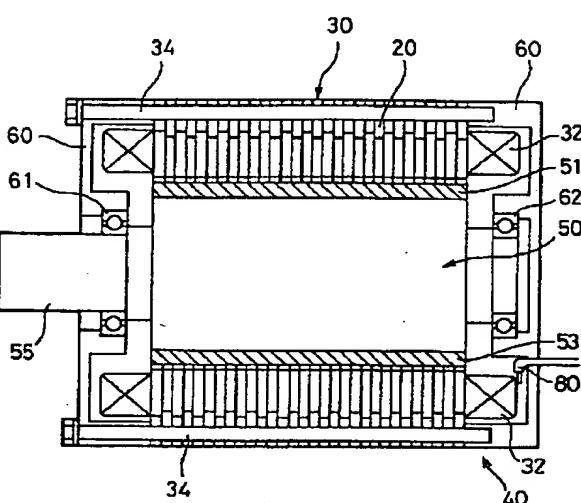
150…電源装置

152…インバータ

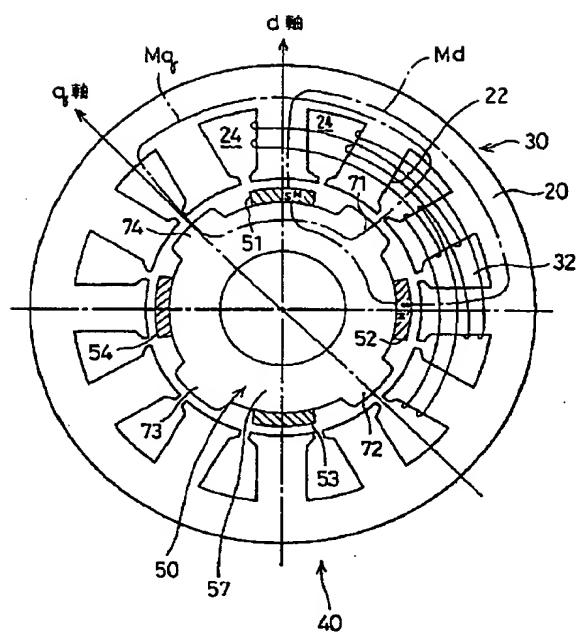
【図1】



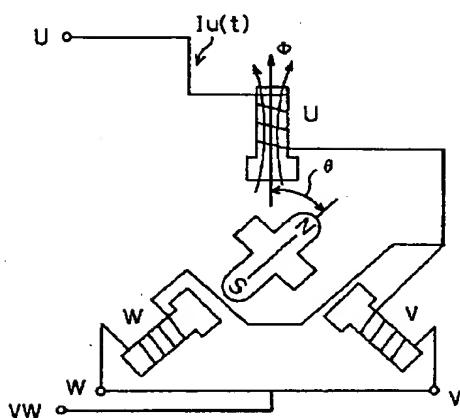
【図2】



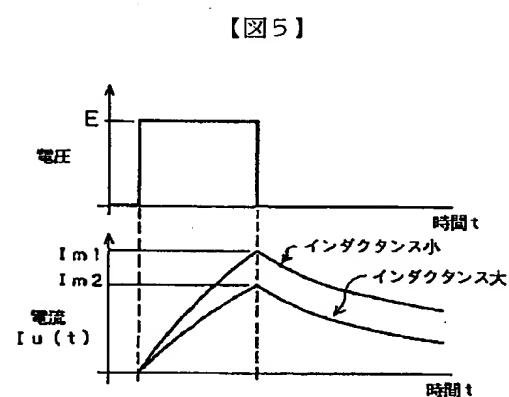
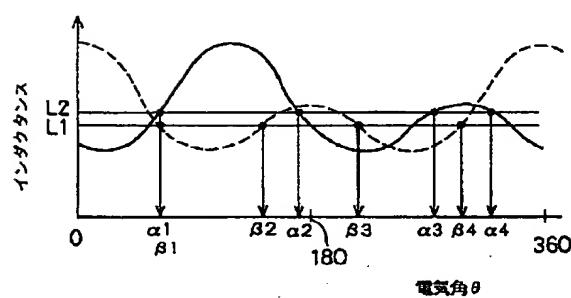
【図3】



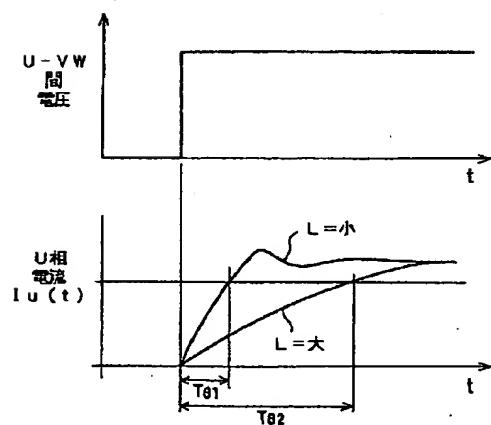
【図4】



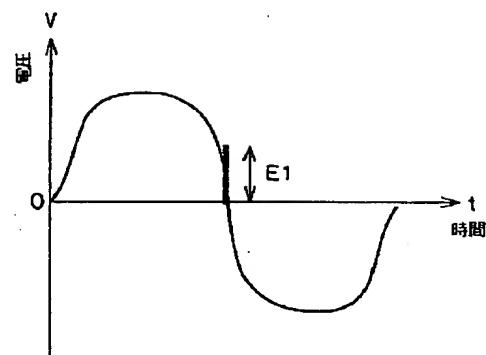
【図12】



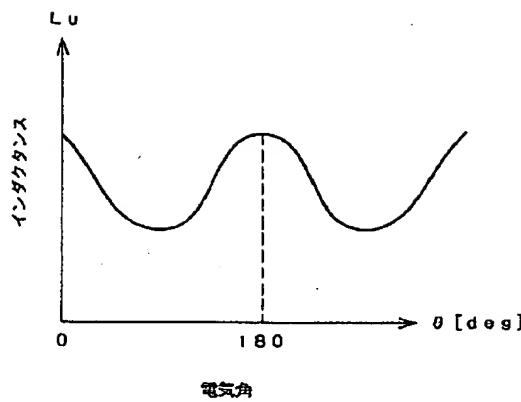
【図10】



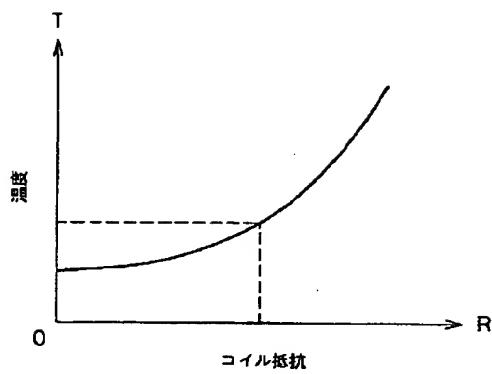
【図6】



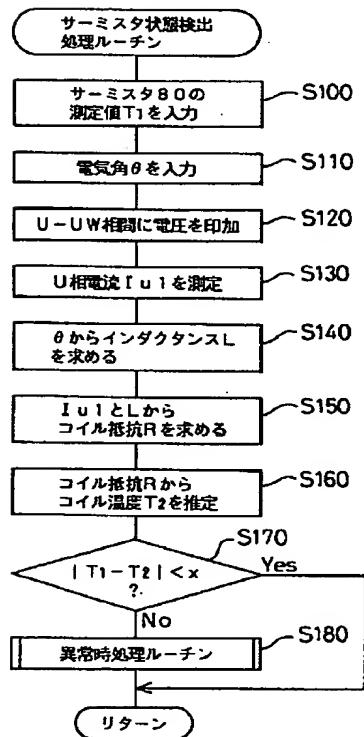
【図7】



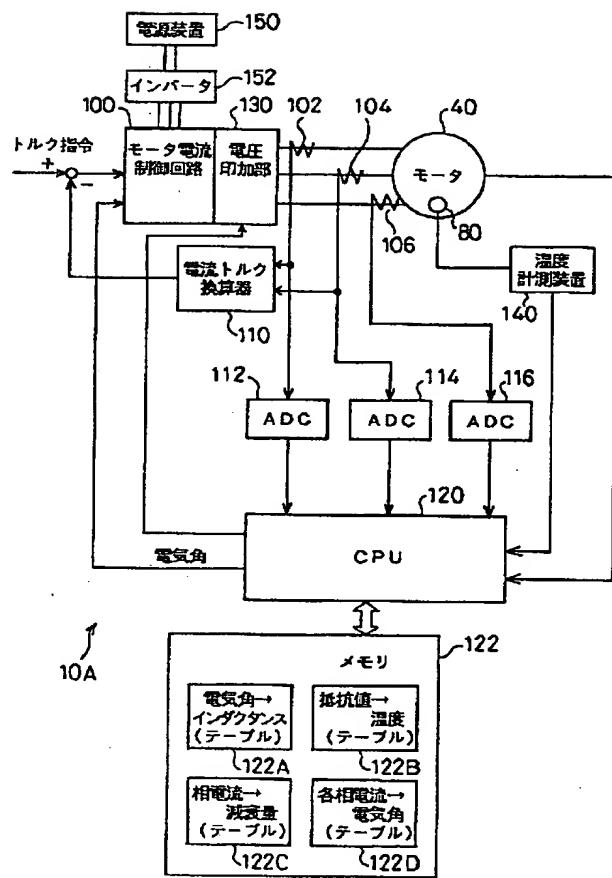
【図8】



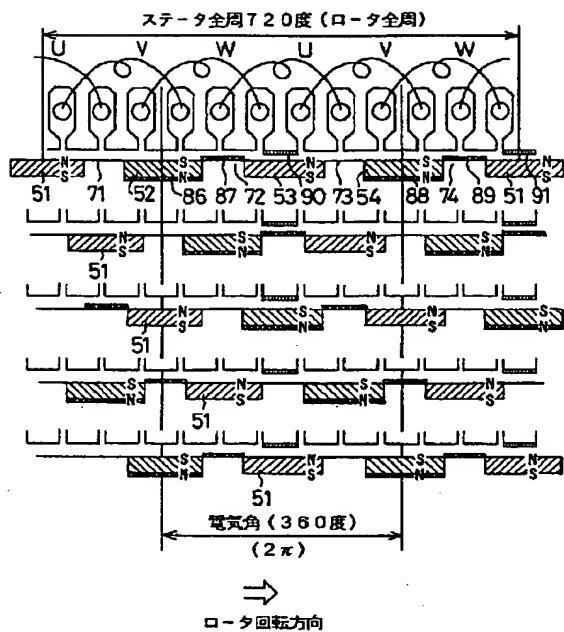
【図9】



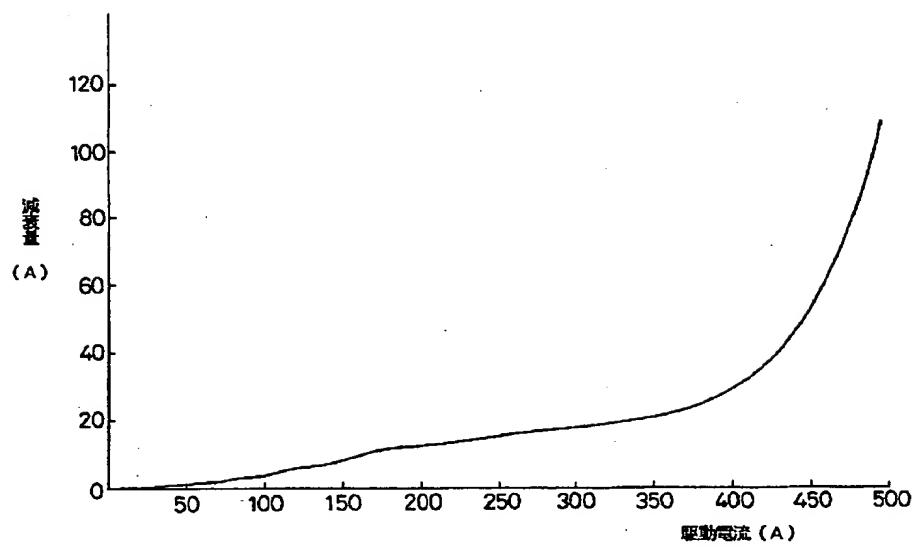
【図11】



【図13】



【図14】



【図15】

